

(19)



Europäische Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 707 374 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
17.04.1996 Bulletin 1996/16

(51) Int Cl. 6: H02K 21/38

(21) Numéro de dépôt: 95402266.1

(22) Date de dépôt: 09.10.1995

(84) Etats contractants désignés:  
DE ES GB IT

(30) Priorité: 10.10.1994 FR 9412063

(71) Demandeur: CENTRE NATIONAL DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)  
F-75016 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- Lucidarme, Jean  
F-91700 Ste Geneviève des Bois (FR)
- Multon, Bernard  
F-94230 Fresnes (FR)
- Prevond, Laurent  
F-93250 Villemomble (FR)

(74) Mandataire: Pontet, Bernard

Pontet & Allano s.a.r.l.  
25, rue Jean Rostand  
Parc-Club Orsay-Université  
F-91893 Orsay Cédex (FR)

### (54) Actionneurs hybrides monophasés à commutation de flux

(57) Actionneur hybride monophasé (50) à commutation de flux comprenant une partie fixe d'induit (51) et une partie mobile (53) agencée pour commuter le flux magnétique d'aimants permanents (56).

Les aimants permanents (56), la partie d'induit (51) et la partie de commutation (53) sont agencées de sorte que, lors du déplacement de la partie mobile, le flux produit par les aimants permanents (56) varie de façon alternative à travers le ou les bobinages d'induit (52), et présentent des caractéristiques géométriques liées par au moins une condition prédéterminée de sorte qu'un couple moteur hybride non nul peut être obtenu dans les positions d'arrêt imposées par le couple de détente.

Utilisation en électrotechnique, notamment pour des entraînements économiques.

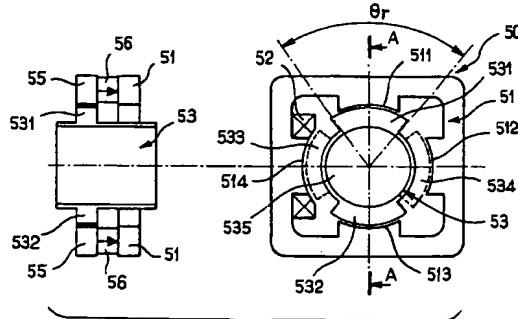


FIG. 5

## Description

La présente invention concerne des actionneurs hybrides monophasés à commutation de flux.

Dans de nombreux secteurs de l'équipement grand-public et industriel, existe un besoin en petits actionneurs économiques, robustes et nécessitant le moins possible de connectique et de composants de commande et d'alimentation. On peut déjà trouver dans le commerce des actionneurs visant ce créneau. On connaît notamment des actionneurs de type hybride mettant en oeuvre des aimants permanents et présentant de bonnes performances en termes de couple par unité de masse. Par ailleurs, le souci de proposer une alimentation et une connectique très simple conduit inévitablement à se tourner vers des actionneurs monophasés. Mais se pose alors le problème du démarrage pour des actionneurs hybrides monophasés. En effet, avec les structures classiques d'actionneurs hybrides, il existe inévitablement des positions angulaires dans lesquelles le couple hybride est nul, interdisant ainsi toute possibilité de démarrage. Il est certes possible de prévoir au sein des actionneurs hybrides un dispositif permettant de placer systématiquement le rotor dans une position offrant un couple hybride non nul à l'arrêt, en utilisant par exemple un aimant auxiliaire. Ceci présente cependant l'inconvénient d'induire une dissymétrie dans la structure magnétique de l'actionneur et conduit généralement à des surcoûts de fabrication.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant des moteurs hybrides à commutation de flux monophasés aptes à démarrer à condition que le couple résistant statique soit suffisamment faible (inférieur au couple de détente), et de réalisation simple et économique.

Suivant l'invention, l'actionneur hybride monophasé à commutation de flux comprenant une partie fixe d'induit comportant des pièces magnétiques statoriques comprenant des pôles ou dents statoriques et un ou plusieurs bobinages d'induit, et une partie mobile agencée pour commuter le flux magnétique inducteur, et des moyens d'aimantation permanente, est caractérisé en ce que les moyens d'aimantation permanente, la partie d'induit et la partie de commutation sont agencés de sorte que, lors du déplacement de la partie mobile, le flux produit par les moyens d'aimantation permanente varie de façon alternative à travers le ou les bobinages d'induit, et en ce que les parties respectivement d'induit et de commutation de flux présentent des caractéristiques géométriques liées par au moins une condition préterminée de sorte qu'un couple moteur hybride non nul peut être obtenu à l'arrêt.

Ainsi, avec l'invention, en prenant l'option d'une variation alternative du flux magnétique des aimants dans les bobinages, on offre la possibilité d'une alimentation monophasée bidirectionnelle très simple. En outre, c'est à travers les caractéristiques géométriques des parties d'induit et de commutation qu'on obtient la possibilité

d'un couple hybride non nul à l'arrêt, sans ajout d'un élément de dissymétrie de la structure magnétique.

Plus particulièrement, la partie de commutation de flux comporte au moins deux ensembles de commutation dotés de pôles ou dents de commutation et reliés entre elle par une pièce ferromagnétique, la partie d'induit comprend des pôles ou dents d'induit en correspondance avec les pôles ou dents des deux pièces de commutation, et la condition géométrique préterminée est une condition angulaire:

$$\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$$

où  $\theta_r$ ,  $\theta_s$  et  $\theta_b$  représentent respectivement l'ouverture angulaire d'un pôle ou dent de commutation, l'ouverture angulaire d'un pôle ou dent d'induit, et l'ouverture angulaire d'un espace inter-pôles ou inter-dents d'induit.

Selon un premier type de structure, l'actionneur comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, un ou plusieurs aimants disposés axialement et générant un flux magnétique global qui est alternativement commuté par passage dans la partie de commutation. On peut alors prévoir que les aimants axiaux soient disposés sur le rotor ou bien sur le stator dudit actionneur et que la partie d'induit statorique comprenne deux parties statoriques dotées de dents ou pôles statoriques, de structures et positions angulaires identiques, entre lesquelles sont disposés un ou plusieurs aimants permanents axiaux pour générer un flux magnétique global.

Dans un mode pratique de réalisation correspondant à ce premier type de structure, la partie de commutation comprend une portion centrale cylindrique comportant à chacune de ses extrémités une partie rotorique agencée pour être en correspondance avec une partie statorique, chaque partie rotorique comprenant un nombre de dents ou pôles moitié du nombre de dents ou pôles de la partie statorique correspondante.

Dans une autre forme réalisation d'un rotor de commutation de flux pour un actionneur selon l'invention, la partie de commutation comprend un cylindre en matériau magnétique préalablement usiné pour être pourvu sur sa périphérie d'une couronne inclinée sur la longueur de ce cylindre, cette couronne assurant la fonction de commutation de flux d'une pièce statorique à l'autre.

Lorsqu'on souhaite obtenir un actionneur présentant une très faible inertie, il est avantageux de concevoir un actionneur selon l'invention dans lequel la partie d'induit statorique comprend deux parties cylindriques concentriques respectivement extérieure et intérieure comportant chacune à leurs extrémités une première et une seconde pièces statoriques respectivement extérieure et intérieure comportant des dents ou pôles statoriques, un ou plusieurs aimants axiaux globaux de forme annulaire respectivement extérieurs et intérieurs étant disposés respectivement entre les première et seconde pièces statoriques extérieures et entre les premières et secondes pièces statoriques le rotor étant en forme de cloche et comprenant une partie cylindrique rotorique faisant partie de commutation. Cette partie cylindrique est

perforée pour constituer deux ensembles de pôles de commutation respectivement en vis à vis des dents ou pôles statoriques des première et seconde pièces statoriques respectivement inférieures et extérieures, le nombre de dents ou pôles d'un ensemble étant moitié du nombre de dents ou pôles statoriques de la pièce statorique correspondante. Dans cette configuration, la partie cylindrique de commutation est perforée pour constituer autant d'ensembles de pôles de commutation que le nombre de pièces statoriques.

Pour certaines applications spécifiques nécessitant un rotor extérieur, la partie d'induit fixe est intérieure et comprend au moins deux parties statoriques comportant plusieurs pôles ou dents statoriques et entre lesquelles sont disposés des moyens d'aimantation permanente pour générer un flux magnétique axial, et la partie de commutation mobile comporte un cylindre extérieur entourant la partie de commutation et comprenant plusieurs ensembles de perforations, chaque ensemble de perforations correspondant une pièce statorique et le nombre de perforations par ensemble étant moitié du nombre de dents ou pôles statoriques d'une pièce statorique.

Dans un deuxième type de structure selon l'invention, un actionneur comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, des aimants alternés disposés axialement, et la partie de commutation comprend au moins deux pièces statoriques ou rotoriques comportant chacune des dents ou pôles statoriques ou rotoriques en nombre moitié du nombre d'aimants alternés.

Dans un premier mode de réalisation de ce second type de structure, les aimants alternés sont disposés axialement sur le rotor dudit actionneur, ce rotor comprend deux ensembles de pièces polaires disposées respectivement aux extrémités de chaque aimant pour diriger radialement le flux généré par cet aimant, chaque ensemble étant en correspondance avec une pièce statorique et constituant la partie de commutation, et en ce que la partie d'induit comprend un bobinage global de type solénoïdal inséré entre les deux pièces statoriques.

Dans une seconde forme de réalisation de ce second type de structure, les aimants alternés sont disposés axialement sur le stator dudit actionneur entre les deux pièces statoriques qui insèrent également un bobinage global de type solénoïdal et la partie de commutation comprend une portion cylindrique comportant à ses extrémités deux pièces de commutation respectivement en vis à vis des pièces statoriques.

Dans un troisième type de structure d'actionneur selon l'invention, il est proposé un actionneur comprenant, au titre des moyens d'aimantation permanente, des aimants alternés disposés azimutalement.

Dans une première forme de réalisation, la partie d'induit comprend des pièces polaires statoriques se succédant circonférentiellement et entre lesquelles sont disposés les aimants alternés azimutaux, et un bobinage global de type solénoïdal, et la partie de commutation comprend une portion cylindrique traversant le bobinage

et à ses extrémités, situées de part et d'autre du bobinage, deux ensembles de dents décalées angulairement de telle sorte que lorsqu'une dent d'un ensemble se place devant une pièce polaire statorique, la dent décalée correspondante de l'autre ensemble se place devant la pièce polaire suivante du stator. Le nombre de dents de chaque ensemble est égal à la moitié du nombre de pièces polaires statoriques.

Dans une variante de réalisation, les aimants azimutaux sont disposés au rotor dudit actionneur qui constitue la partie de commutation comprenant en outre des pièces polaires disposées entre chaque aimant alterné et en nombre deux fois supérieur au nombre de pôles ou dents de chaque pièce statorique.

Dans une seconde forme de réalisation de ce troisième type, la partie d'induit comprend plusieurs circuits magnétiques locaux en forme de U à chacun desquels est associé un bobinage local d'induit et entre chacun desquels sont disposés des aimants alternés azimutaux.

Dans une autre forme de réalisation, les aimants azimutaux sont disposés au rotor dudit actionneur qui constitue la partie de commutation comprenant en outre des pièces polaires disposées entre chaque aimant alterné et en nombre égal au nombre de pôles ou dents de chaque pièce statorique.

Dans une quatrième structure d'actionneur selon l'invention, les aimants sont disposés radialement, aussi bien au stator qu'au rotor.

Dans une première version de cette quatrième structure, les aimants sont disposés radialement au stator et le bobinage d'induit est solénoïdal. Une variante de cette quatrième structure consiste à placer les aimants permanents au rotor.

Un actionneur selon l'invention est en pratique associé à des moyens d'alimentation et de commande agencés pour permettre un mode de fonctionnement autopiloté. Ces moyens d'alimentation et de commande sont agencés pour permettre un mode de fonctionnement pas-à-pas. On peut également prévoir que ces moyens d'alimentation et de commande soient agencés pour permettre un mode de fonctionnement synchrone. Il peut être également avantageux que les moyens d'alimentation et de commande soient agencés pour permettre un mode de débattement limité.

Les actionneurs selon l'invention, qui peuvent être tournants ou lisses, sont ainsi caractérisés par les trois éléments suivants :

- le flux inducteur produit par au moins un aimant permanent à travers un bobinage d'induit varie de façon alternative, c'est à dire avec changement de signe, ce qui distingue ces actionneurs de machines où l'aimant n'a qu'un rôle de polarisation telles que les machines à réluctance excitées. Cette variation est obtenue par la modification du trajet des lignes de champ inducteur au cours du déplacement relatif des parties fixes et mobiles de l'actionneur ;
- à l'arrêt, position dans laquelle le flux fourni par le

ou les aimants inducteurs est maximum et qui est stable avec un effort de détente nul, les parties fixes et mobiles de l'actionneur se trouvent dans une position privilégiée dans laquelle le couple moteur hybride créé par l'interaction des champs induits et inducteurs est non nul et même proche de son maximum.

Cette position privilégiée est obtenue par une simple condition géométrique portant sur les dimensions caractéristiques des parties répétitives (ou motifs) des parties fixes et mobiles et ne peut être assimilée à des techniques antérieures de démarrage plus ou moins compliquées consistant à prévoir des pôles dissymétriques ou encore des spires ou aimants supplémentaires visant à dissymétriser la machine, ce qui revient à créer des pôles ou des phases supplémentaires ;

- les bobinages d'induit se présentent sous la forme de bobines rapportées de fabrication simple et permettant un bon taux de remplissage. On peut ainsi envisager soit de simples solénoïdes traversés par un flux axial, soit des ouvertures d'encoches suffisamment larges (sans isthme). Le fait de satisfaire à la condition géométrique de démarrage selon l'invention aboutit d'ailleurs à réaliser de telles ouvertures relativement larges.

On peut ainsi obtenir des actionneurs hybrides monophasés de construction simple, avec une connectique réduite au maximum (deux fils) et ne requérant qu'une alimentation simplifiée.

Les actionneurs selon l'invention peuvent être alimentés selon quatre modes présentés ci-après :

- un mode autopiloté: la commutation du courant est effectuée en synchronisme avec la position par des moyens électroniques (onduleur monophasé) ou mécaniques (collecteur) ou encore hybrides (combinaison des deux moyens précédents) ;
- un mode pas à pas ;
- un mode synchrone à la fréquence du réseau industriel; le démarrage ne peut alors se faire que dans des conditions particulières de moment d'inertie et d'amortissement mécanique de la charge; dans ce cas, le sens de rotation est a priori indéterminé ;
- un mode de débattement limité: le bobinage peut être alimenté par un courant continu pour produire une force avec des déplacements limités à une demi-période électrique (au maximum, un demi-tour).

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après. Aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs:

- la figure 1 illustre un exemple de réalisation d'une première structure d'actionneur selon l'invention

mettant en oeuvre un aimant axial annulaire, dans une configuration bipolaire ;

- la figure 2 représente une première forme de réalisation d'un rotor bipolaire pour l'actionneur de la figure 1 ;
- la figure 3 représente une seconde forme de réalisation d'un rotor produisant une variation continue de flux, et adapté à une grande vitesse de rotation ;
- la figure 4 représente un actionneur selon l'invention obtenu par montage en série d'au moins deux machines de la figure 3 ;
- la figure 5 représente un exemple de réalisation d'un actionneur à aimants axiaux selon l'invention, dans une configuration quadripolaire;
- la figure 6 représente une pièce de remplissage aérodynamique prévue pour équiper un rotor bipolaire dans un actionneur selon l'invention ;
- la figure 7 illustre plusieurs positions caractéristiques du rotor d'un actionneur selon l'invention ;
- la figure 8 représente un actionneur à aimants axiaux selon l'invention dans une configuration octopolaire ;
- la figure 9 est une vue partielle d'un actionneur selon l'invention, présentant une structure de type moteur-cloche ;
- la figure 10 illustre une structure inversée à rotor extérieur, dite en cloche, d'un actionneur selon l'invention ;
- la figure 11 représente sous forme développée une première position relative caractéristique d'une partie d'induit et d'une partie de commutation d'un actionneur selon l'invention ;
- la figure 12 représente sous forme développée une seconde position relative caractéristique d'une partie d'induit et d'une partie de commutation d'un actionneur selon l'invention ;
- la figure 13 représente sous forme développée cette seconde position relative dans le cas d'un actionneur comprenant plusieurs ensembles de commutation adjacents axialement (mise en série) ;
- la figure 14A illustre une seconde structure d'actionneur selon l'invention, mettant en oeuvre des aimants axiaux alternés, dans une première version où les aimants sont placés au rotor ;
- la figure 14B illustre une seconde version de cette second structure d'actionneur, dans laquelle les aimants sont placés au stator ;
- la figure 15 illustre une troisième structure d'actionneur selon l'invention, mettant en oeuvre des aimants azimutaux, dans une première version où le bobinage est solénoïdal et les aimants sont placés au stator ;
- la figure 16 est une vue d'une variante de la figure 15, mais avec les aimants placés au rotor ;
- la figure 17 illustre une seconde version de la structure à aimants azimutaux, dans laquelle les aimants sont placés au stator et le circuit magnétique statique comprend plusieurs circuits de flux locaux et

- des bobinages locaux ;
- la figure 18 est une vue d'une variante de la figure 17, dans laquelle les aimants sont placés au rotor ;
- la figure 19 représente une quatrième structure d'actionneur selon l'invention, avec des aimants radiaux situés au stator; et
- la figure 20 représente une variante de cette quatrième structure, avec des aimants radiaux situés au rotor.

On va maintenant décrire plusieurs structures possibles d'actionneurs selon l'invention, qui se distinguent essentiellement par la topologie des aimants inducteurs. Les structures qui vont être décrites sont tournantes, mais on peut aisément concevoir des structures linéaires sur des principes identiques, suivant des techniques classiques de transposition.

D'une manière générale, on définit la partie induite comme celle supportant le bobinage (éventuellement stator), la partie commutation de flux comme l'autre partie (éventuellement rotor). Les aimants peuvent être placés dans l'une ou l'autre des parties, ou dans les deux en même temps.

On considère tout d'abord des actionneurs selon l'invention, comprenant des aimants axiaux globaux, en référence aux figures 1 à 13. Dans un première forme de réalisation représentée en figure 1, un actionneur bipolaire 10 comporte un stator comprenant une partie d'induit constituée de deux circuits magnétiques statoriques 15, 16 entre lesquels est inséré un aimant annulaire 14, et muni d'un bobinage monophasé 12, et un rotor 13 ferromagnétique massif comprenant une partie cylindrique centrale 19 et à chacune de ses extrémité axiales une pièce polaire 17, 18. Vues axialement, les pièces polaires 17, 18 sont diamétralement opposées. Chaque circuit magnétique statorique 15 comporte quatre pôles statoriques 15a-d répartis autour de l'axe. Chaque pôle de la pièce 15 est aligné axialement avec un pôle de la pièce 16.

La structure de cet actionneur est notamment caractérisée par les paramètres angulaires suivants:

$\theta_r$  :ouverture angulaire d'un pôle ou dent rotorique,  
 $\theta_s$  :ouverture angulaire d'un pôle ou dent statorique,  
 $\theta_b$  :ouverture angulaire d'un espace inter-pôle statorique.

Il a été établi et démontré expérimentalement sur des prototypes qu'un couple non nul à l'arrêt peut être obtenu si les paramètres angulaires précités satisfont sensiblement la condition suivante:

$$\theta_r - \theta_b \geq \theta_s \Rightarrow \theta_r \geq \theta_s + \theta_b \quad (1)$$

Il faut également satisfaire la relation suivante:

$$\theta_r < \theta_s + 2\theta_b$$

car il ne faut pas que les dents qui se mettent face aux

encoches court-circuitent les aimants. Les aimants peuvent être placés au rotor, au stator, ou aux deux.

Cette structure présente les trois caractéristiques essentielles de l'invention :

- 5 - le flux produit par l'aimant varie de façon alternative à travers les bobinages d'induit ;
- la satisfaction de la condition géométrique  $\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$  permet un couple non nul à l'arrêt ;
- 10 - les grandes ouvertures d'encoches (pas d'isthme d'encoche ou d'épanouissement polaire) obtenues par principe dans ce type de structure permettent de mettre en oeuvre des bobinages rapportés.

15 Dans cette structure, le rotor prend automatiquement, à l'arrêt, une des positions telles que celle représentée à la figure 1 (vue de droite), c'est à dire avec chaque pôle rotorique chevauchant une encoche statorique, car ainsi, compte-tenu de la relation (1), la surface du pôle rotorique qui est couverte par les dents statoriques est plus grande que si le pôle rotorique se centrât sur une dent statorique.

20 Dans le cas particulier de la structure bipolaire qui vient d'être décrite, on peut mettre en avant les caractéristiques suivantes :

- possibilité d'un débattement limité sur près d'un demi-tour ;
- machine rapide.

25 Plusieurs structures de rotor peuvent être envisagées pour l'actionneur représenté en figure 1. Ainsi, en référence à la figure 2, on peut prévoir un rotor 20 comprenant une partie magnétique active 22 emmanchée sur un arbre 21 de préférence amagnétique, cette pièce magnétique active comportant à ses extrémités des pôles 23, 24 diamétralement opposés.

30 On peut également envisager un rotor 30 permettant une variation progressive du flux commuté, en référence à la figure 3.

35 Dans ce cas, la condition géométrique  $\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$  est encore valable et peut être réalisée en ajustant les épaisseurs axiales.

40 La structure à aimant axial qui vient d'être décrite peut également être généralisée. Ainsi, on peut prévoir une mise en série de plusieurs actionneurs. Les aimants peuvent être placés au rotor ou au stator. La structure peut être n-polaire.

45 En extrapolant une telle structure de rotor, on peut concevoir un actionneur 40 constitué en quelque sorte d'une cascade d'actionneurs élémentaires selon l'invention, en référence à la figure 4. Le stator de cet actionneur comprend par exemple deux demi-coques 460, 461, à l'intérieur desquelles sont empilés une succession de plaques statoriques 450, 451, 452, 453, 454, et d'aimants annulaires 430, 431, 432, 433. Chaque plaque statorique 450, qui peut être feuillettée, comporte par exemple quatre pôles 450a, 450b, 450c, 450d. Le rotor

42 de cet actionneur 40 présente une structure périodique semblable à celle représentée en figure 3 et est monté sur un arbre 41 de préférence amagnétique. Plusieurs bobinages tels 46 mis en série et placés dans des encoches créent le champ induit.

Toujours dans le cadre de ce premier type de structure d'actionneur à aimantation globale, on peut réaliser un actionneur tétrapolaire 50, en référence à la figure 5. La structure tétrapolaire présente l'avantage de présenter un bon compromis entre le couple fourni et les fréquences d'alimentation. Le stator de cet actionneur est constitué de deux plaques ferromagnétiques 55, 51, qui peuvent être feuillettées, séparées par un ou plusieurs aimants 56 générant un flux magnétique axial. Chaque plaque magnétique 51 est découpée de façon à présenter quatre pôles statoriques 511, 512, 513, 514. Les bobinages 52 (un seul est représenté) sont disposés autour des dents ou pôles statoriques 511, 512, 513, 514.

Le rotor 53 a la forme d'un cylindre creux comprenant à chaque extrémité deux pôles diamétralement opposés 531, 532; 533, 534. les deux paires de pôles diamétralement opposées sont décalées de 90 degrés. Dans le cas d'applications à grande vitesse périphérique, il est préférable de munir le rotor d'une pièce 60 pour remplir les volumes creux du rotor et ainsi considérablement améliorer les caractéristiques aérodynamiques du rotor. Cette pièce, représentée en figure 6, peut être réalisée à partir d'un cylindre creux qui est usiné pour présenter des parties 61, 62, 63 complémentaires des pôles du rotor.

Une variante par rapport à l'exemple des figures 5 et 6 pourrait consister à placer l'aimant au rotor entre deux plaques constituant les deux ensembles de pôles rotoriques. Il est encore possible de prévoir un tel rotor en combinaison avec un stator tel que représenté en figure 5, les deux aimants étant alors aimantés en sens opposés.

On peut distinguer, en référence à la figure 7, trois positions caractéristiques 71, 72, 73 du rotor 53 par rapport au stator 51 de l'actionneur 50. Ces trois positions caractéristiques sont des positions d'équilibre sous l'action du champ inducteur des aimants, l'actionneur n'étant pas alimenté. Les deux premières positions 71, 72 sont des positions où le flux généré par les aimants traversant les bobinages induits est maximum. Ce flux s'inverse entre ces positions créant ainsi aux bornes des bobinages une tension alternative lorsque le rotor tourne. Il suffit donc pour obtenir un fonctionnement moteur d'injecter un courant induit en synchronisme avec la force électromotrice générée. La troisième position 73 est une position où le flux inducteur fournit une contribution nulle à travers les bobinages. Ce flux inducteur se referme en effet et il peut être important et même supérieur aux flux rencontrés dans les positions précitées 71, 72. C'est lorsque le flux inducteur est supérieur à celui des deux autres positions d'équilibres, que le rotor se place dans la troisième position. Or dans cette position, le couple hybride moteur est maximum et la machine peut dé-

marrer avec un sens prédéterminé par la polarité du courant induit.

La structure d'actionneur à aimants axiaux globaux peut également être mise en oeuvre pour un actionneur n-polaire, par exemple octopolaire (figure 8). Dans ce cas, chaque plaque statorique d'extrémité 81 comprend huit dents ou pôles 811-818 et le rotor 83 comprend à chacune de ses extrémités quatre dents ou pôles 831-834. Les plaques statoriques et le rotor sont conçus de sorte que leurs paramètres angulaires caractéristiques satisfont la condition géométrique :  $\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$ .

On peut également prévoir dans le cadre de la présente invention, une structure de rotor en cloche, en référence à la figure 9. Dans ce cas, le stator de l'actionneur 90 comprend deux parties cylindriques concentriques 391, 392 comprenant chacune des couronnes statoriques d'extrémité 93, 94; 95, 96 entre lesquelles sont placés un aimant annulaire 91, 92 et un bobinage solenoïdal B1, B2. Les deux bobinages B1, B2 sont concentriques et disposés de part et d'autre du rotor 97 entre les deux aimants annulaires 91, 92. Le rotor 97 en forme de cloche comprend une partie cylindrique rotorique pouvant se déplacer dans l'espace d'entrefer entre les deux parties statoriques et percée de trous 99a, 99b de formes et dispositions appropriées pour constituer une partie de commutation du flux magnétique coopérant avec les couronnes statoriques d'extrémité 93, 96. Un rotor-cloche perforé permet d'obtenir des accélérations élevées, par la combinaison d'un fort couple et d'une faible inertie.

Certaines applications peuvent nécessiter un actionneur de structure inversée comprenant un rotor extérieur et un stator intérieur. La présente invention s'étend à ce type de structure inversée, en référence à la figure 10, qui est une vue en coupe au niveau d'une partie statorique d'extrémité où ne figurent pas les aimants. L'actionneur 100 comprend à chaque extrémité, une partie d'induit statorique intérieure 103 et une partie de commutation rotorique extérieure 101. A titre d'exemple, la partie d'induit 103 comprend six dents ou pôles 103a-f et la partie de commutation 101 est réalisée sous la forme d'un cylindre en matériau ferromagnétique percé de trois perforations (trous) 101a-c de forme appropriée pour constituer en quelque sorte des pôles rotoriques 102a-c. La partie d'induit 103 comporte des bobinages 107a-f disposés respectivement autour des dents 103a-f.

Si on considère un actionneur selon l'invention présentant une structure inversée telle que celle illustrée en figure 10, on comprendra mieux le fonctionnement de cet actionneur en se référant aux figures 11 et 12 qui représentent, par un développement plan des cylindres respectivement rotorique 110 et statorique 118, deux positions relatives caractéristiques des dents d'induit et des perforations, dans une hypothèse où la condition géométrique sur les angles est satisfaite, à savoir,  $\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$ . Dans la première position (figure 11), les dents 117, 113, 114, 115, 116 de la partie de commutation 110 sont

en correspondance partielle avec deux dents statoriques adjacentes 111a, 111b; 111c, 111d; 112b, 112c et le flux généré par les aimants (non représentés) est alors maximum et c'est une position d'équilibre à l'arrêt. Si on injecte du courant dans les bobines, le couple hybride est non nul et autorise ainsi un démarrage de l'actionneur.

Dans la position angulaire représentée en figure 12, chaque dent 113, 114, 115 de la partie de commutation extérieure 110 recouvre spatialement une dent statorique 111b, 112c, 111d. Mais la surface de transfert de flux dans cette position est cependant inférieure à celle obtenue dans la position angulaire représentée en figure 11. Il en va de même pour le flux généré par les aimants.

Si on considère maintenant un actionneur selon l'invention constitué d'un ensemble de modules actionneurs élémentaires, on peut prévoir alors un rotor de conception très simple réalisé à partir d'un cylindre creux comportant un ensemble de perforations judicieusement disposées, comme l'illustre de façon développée la figure 13. La partie de commutation rotorique 130 constituée d'un simple cylindre perforé se déplace en vis à vis de plusieurs rangées 131, 132, 133, 134 de dents statoriques 131a-e et assure via des dents équivalentes 132, 133 la commutation des flux magnétiques générés par des aimants (non représentés) disposés entre chaque rangée de dents statoriques.

On va maintenant décrire un second type de structure pour un actionneur selon l'invention, en référence aux figures 14A et 14B. Dans cette structure, les aimants sont axiaux et alternés.

Dans une première version représentée en figure 14A, les aimants sont placés au rotor d'un actionneur 140 dont le stator 149 comprend deux couronnes statoriques 143, 144 entre lesquelles est placé un bobinage global 141, et une culasse extérieure 142. Le rotor 148 comprend sur sa périphérie deux couronnes rotoriques d'extrémité 145, 146 en correspondance avec les deux couronnes statoriques 144, 143, et entre lesquelles sont disposés des aimants permanents alternés axiaux 147a, 147b, 147c, qui peuvent être séparés par des pièces magnétiques 148a, 148b, 148c. Les couronnes statoriques 144, 143 présentent chacune des dents ou pôles 143a, 143b en nombre égal à la moitié du nombre d'aimants alternés. Les motifs dentaires respectifs des deux couronnes statoriques sont décalées d'un angle électrique de 90 degrés.

Dans une seconde version représentée en figure 14B, les aimants alternés sont placés au stator. Un actionneur 190 selon l'invention comprend une partie d'induit statorique 198 comportant deux couronnes statoriques 191, 192 entre lesquelles sont insérés d'une part, une couronne 193 d'aimants alternés axiaux 193a, 193b, et d'autre part, un bobinage global 194. A chaque aimant alterné est associé un pôle statorique de chaque couronne statorique. La partie de commutation rotorique 195 comprend une partie cylindrique creuse 199 et à chaque extrémité une couronne rotorique 195, 196 respectivement en correspondance avec une couronne sta-

torique 192, 191. Chaque couronne rotorique comprend des dents ou pôles rotoriques 196a, 196b en nombre égal à la moitié du nombre d'aimants alternés. Comme pour l'ensemble des structures d'actionneur selon l'invention, les paramètres angulaires caractéristiques satisfont à la condition géométrique:  $\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$ .

On peut également généraliser ce type de structure à aimants axiaux alternés, en prévoyant par exemple une mise en série, des aimants indifféremment au rotor et au stator, ou encore des structures n-polaires. Par ailleurs, le bobinage étant un simple solénoïde, on peut ainsi réaliser des machines très plates, principalement grâce à l'absence de têtes de bobine. Ce type de structure se prête bien à une miniaturisation du fait de l'utilisation d'un bobinage solénoïdal unique.

Dans une troisième structure d'actionneur selon l'invention, en référence aux figures 15 à 18, les aimants sont disposés azimutalement, aussi bien au stator qu'au rotor.

Dans une première version de cette troisième structure, représentée en figure 15, les aimants sont disposés au stator et le bobinage d'induit est solénoïdal. Ainsi, un actionneur 150 comprend (figure 15 a)b)) une partie de commutation rotorique conductrice du flux 159 comprenant une partie cylindrique 159a reliée à chaque extrémité à une couronne rotorique 155, 156 comprenant chacune un ensemble de dents rotoriques 156a, 156b. Le stator de l'actionneur 150 comprend, le long de la circonférence, des pièces polaires statoriques 157a, 157b qui alternent avec des aimants alternés 158a, 158b, 158c disposés azimutalement et séparés par les pièces polaires 157a, 157b destinés à collecter les flux générés par les aimants et à les injecter dans l'entrefer. Les deux ensembles de dents rotoriques sont décalés l'un par rapport à l'autre de sorte que lorsqu'une dent 156a d'un ensemble 156 se place devant une pièce polaire statorique 157a, la dent décalée correspondante de l'autre ensemble 155 se place devant la pièce polaire suivante 157b du stator. Le nombre de dents de chaque ensemble est égal à la moitié du nombre de pièces polaires statoriques.

Chaque aimant a un sens d'aimantation contraire à celui des deux aimants voisins. Les dents 156a, 156b de chaque couronne rotorique 155 ou 156 sont deux fois moins nombreuses que les pièces polaires rotoriques 157a, 157b. Les dents rotoriques 155 ont par rapport aux dents rotoriques 156 de l'autre couronne un décalage angulaire égal au pas angulaire entre les pièces polaires statoriques 157a, 157b,... Le stator comprend en outre un bobinage global de type solénoïdal 154 monté radialement à l'intérieur des pièces polaires 157a, 157b,... et des aimants 158a, 158b,..., et autour du cylindre 159a, axialement entre les deux couronnes rotoriques 155, 156.

Deux positions angulaires particulières sont représentées en c) et d). Dans une première position c), une dent rotorique 156a se trouve en vis à vis d'une pièce polaire statorique 157b. Du fait des conditions géométri-

ques selon l'invention, cette position angulaire est instable. Dans une seconde position d), la dent rotorique 156a est placée en vis à vis d'un aimant azimutal 158c et en vis à vis partiel des pièces polaires 157b, 157c entourant cet aimant. Cette position, qui a pour effet de court-circuiter l'aimant 158c, est stable en l'absence d'alimentation du bobinage. Cette position constitue la position de démarrage. La face polaire de chaque dent rotorique a une étendue angulaire supérieure ou égale à la somme des étendues angulaires d'une pièce polaire statorique et d'un aimant, et inférieure à la somme des étendues angulaires d'un aimant et de deux pièces polaires.

L'exemple de la figure 16 correspond à une intervention par rapport à celui de la figure 15. Le commutateur de flux 259 se trouve au stator, radialement à l'extérieur, et ses dents 255, 256 sont dirigées radialement vers l'intérieur. La succession d'aimants azimutaux 258 séparés par des pièces polaires 257 se trouve au rotor, radialement à l'intérieur. Le bobinage global 254 est toujours statorique, il est maintenu radialement à l'intérieur du cylindre 259a du commutateur de flux 259, et entoure les pièces polaires et aimants du stator.

Dans une seconde version de la structure à aimants azimutaux, illustrée en figure 17, les aimants 163a, 163b sont placés au stator 162 d'un actionneur 160 et le circuit magnétique statorique est constitué de plusieurs circuits magnétiques locaux 162a, 162b ayant un profil en forme de U s'ouvrant vers l'axe. Le rotor 161 comprend des dents rotoriques 161a, 161b s'étendant sur toute la longueur axiale. Entre chaque circuit en forme de U 162a, 162b, des aimants alternés azimutaux sont disposés. Des bobinages répartis 164, 165 enserrent chaque aimant 163a, 163b et les bras des circuits en forme de U qui sont contigus à cet aimant et constituent des pôles statoriques. L'ouverture angulaire de chaque dent rotorique doit être supérieure à la somme de l'ouverture angulaire d'un pôle statorique (un bras d'un circuit en forme de U) et d'un aimant azimutal. Dans une première position a), chaque dent rotorique se trouve en vis à vis d'un aimant azimutal et deux pôles statoriques entourant ledit aimant. En l'absence d'alimentation des bobinages, cette position est une position d'équilibre stable et constitue la position de démarrage. Dans une seconde position b), chaque dent rotorique 161a, 161b est en vis à vis d'un bras du circuit en forme de U 162a, 162b. En l'absence d'alimentation des bobinages, cette seconde position est une position d'équilibre instable.

Dans une variante de la version précédente, représentée en figure 18, les aimants azimutaux 183a-c sont placés au rotor 181 et les bobinages 184b, 184c sont locaux. Le rotor 181 de cette forme d'actionneur 180 comprend alors un ensemble d'aimants alternés azimutaux 183a, 183b, 183c séparés par des pièces polaires rotoriques 181a, 181b, 181c en forme de barrettes axiales. Le partie de commutation qui est cette fois statorique comprend des dents ou pôles statoriques 182a, 182b s'étendant sur toute la longueur axiale et entourées chacune par un bobinage. Dans une première position a),

chaque pièce polaire rotorique 181a, 181b, 181c est en vis à vis d'une pièce polaire statorique 182a, 182b, 182c. Cette position est une position d'équilibre instable au profit d'une seconde position caractéristique b) dans laquelle chaque aimant 183d, 183a, 183b est en vis à vis d'une dent statorique 182a, 182b et se trouve en quelque sorte court-circuité. Cette dernière position constitue une position de démarrage.

Dans une quatrième structure d'actionneur selon 10 l'invention, en référence aux figures 19 et 20, les aimants sont disposés radialement, aussi bien au stator qu'au rotor.

Dans une première version de cette quatrième structure, représentée en figure 19, les aimants sont disposés radialement au stator et le bobinage d'induit est solénoïdal. Ainsi, un actionneur 290 comprend à chaque extrémité de son rotor une couronne rotorique 291 comprenant un ensemble de dents rotoriques 291a, 291b, 291c. Le stator 292 de l'actionneur 290 comprend, à l'intérieur d'une carcasse cylindrique 295, le long de sa circonférence, des aimants alternés 293a, 293b, 293c, 293d disposés radialement et pouvant être séparés par des pièces en matériau isolant amagnétique 294a, 294b, 294c, 294d, 294e. Les deux ensembles de dents rotoriques, ou les bagues d'aimants statoriques, sont décalés l'un par rapport à l'autre de sorte que lorsqu'une dent d'un ensemble se place devant un aimant, la dent décalée correspondante de l'autre ensemble se place devant l'aimant du stator de polarité différente. Le nombre de dents de chaque ensemble est égal à la moitié du nombre d'aimants statoriques. La position angulaire représentée en figure 19 est une position d'équilibre procurant un couple hybride non nul.

Une variante de cette quatrième structure consiste 35 à placer les aimants permanents au rotor, en référence à la figure 20. Dans cette variante, la partie de commutation de flux est constituée par le stator 201 d'un actionneur 200, ce stator étant réalisé de façon à présenter des pôles statoriques 201a, 201b. Le rotor 202 de l'actionneur 200 comprend sur sa périphérie un ensemble d'aimants alternés 203a, 203b, 203c, 203d séparés par des pièces en matériau isolant amagnétique 204a, 204b, 204c, 204d. La position angulaire représentée en figure 20 correspond également à une position d'équilibre procurant un couple hybride non nul.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, les circuits magnétiques statoriques et rotoriques peuvent être réalisés, soit à partir de tôles, soit par moulage ou encore à partir de poudres de fer. Les aimants permanents peuvent être de toute nature et en particulier des aimants terres-rares, peuvent être massifs ou fragmentés. On peut prévoir des actionneurs selon l'invention sous la forme d'un empilement d'actionneurs élémentaires. Les bobinages peuvent être réalisés de manière très simple et de préférence préfabriqués puis emmanchés sur les dents ou pôles.

Enfin, suivant des considérations classiques de l'électrotechnique, tout ce qui vient d'être décrit pour des actionneurs de type rotatif peut être étendu à des actionneurs linéaires ou courbes, dans la mesure où les principes physiques mis en jeu et les moyens mis en oeuvre sont semblables.

D'autre part, à partir de machines monophasées selon l'invention, il est toujours possible d'obtenir des machines polyphasées en mettant en série, par exemple en ligne, n machines monophasées convenablement déphasées les unes par rapport aux autres.

### Revendications

1. Actionneur hybride monophasé à commutation de flux (10, 40, 50, 80, 90, 100, 140, 150, 160, 180, 190) comprenant une partie fixe d'induit comportant des pièces magnétiques statoriques (15, 16; 450; 51, 55; 81; 93, 94; 191, 192; 103; 143, 144; 151, 152; 162; 182) munies de pôles ou dents statoriques (15a-d, 450a-d, 511-514, 811-818, 103a-f) et un ou plusieurs bobinages d'induit (12, 107a-f, 141, 154), et une partie mobile (13, 20, 30, 42, 53, 83, 97, 195, 101, 148, 156, 161, 181) agencée pour commuter du flux magnétique, et des moyens d'aimantation permanente (14, 430-433, 56, 91, 92, 193, 147, 158a-c, 163a-b, 183a-c), caractérisé en ce que les moyens d'aimantation permanente (14, 430-433, 56, 91, 92, 193, 147, 158a-c, 163a-b, 183a-c), la partie d'induit et la partie mobile de commutation (13, 20, 30, 42, 53, 83, 97, 195, 101, 148, 156, 161, 181) sont agencés de sorte que, lors du déplacement de la partie mobile de commutation (13, 20, 30, 42, 53, 83, 97, 195, 101, 148, 156, 161, 181), le flux produit par les moyens d'aimantation permanente (14, 430-433, 56, 91, 92, 193, 147, 158a-c, 163a-b, 183a-c) varie de façon alternative à travers le ou les bobinages d'induit (12, 107a-f, 141, 154), et en ce que les parties respectivement d'induit et de commutation présentent des caractéristiques géométriques liées par au moins une condition prédéterminée de sorte qu'un couple moteur hybride non nul peut être obtenu à l'arrêt.
2. Actionneur (10, 50, 80, 190, 140, 150, 160, 180) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie de commutation de flux comporte au moins deux ensembles de commutation (17, 18; 23, 24; 196, 197; 155, 156) dotés de pôles ou dents de commutation (531, 532; 831-834, 196a-b, 156a-b, 191a-b) et reliés entre eux par une pièce ferromagnétique (22, 199, 159a), la partie d'induit comprend des pôles ou dents d'induit en correspondance avec les deux dents ou pôles des deux ensembles de commutation (17, 18; 23, 24; 196, 197; 155, 156), et en ce que la condition géométrique prédéterminée est une condition angulaire :

$$\theta_r \geq \theta_s + \theta_b$$

où  $\theta_r$ ,  $\theta_s$  et  $\theta_b$  représentent respectivement l'ouverture angulaire d'un pôle ou dent de commutation, l'ouverture angulaire d'un pôle ou dent d'induit, et l'ouverture angulaire d'un espace inter-pôles ou inter-dents d'induit.

3. Actionneur (10, 40, 50, 80, 90, 100) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, un ou plusieurs aimants permanents (14, 430-433, 56, 91, 92) disposés axialement et générant un flux magnétique global qui est alternativement commuté par passage dans la partie de commutation (13, 42, 53, 83, 97, 101).
4. Actionneur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le ou les aimants axiaux sont disposés sur le rotor dudit actionneur.
5. Actionneur (10, 40, 50, 80, 90, 100) selon la revendication 3, caractérisé en ce que le ou les aimants axiaux (14, 430-433, 56, 91, 92) sont disposés sur le stator dudit actionneur (10, 40, 50, 80, 90, 100) et en ce que la partie d'induit statorique comprend deux parties statoriques (15, 16; 450; 51, 52; 93-96; 103) dotées de dents ou pôles statoriques, ces parties statoriques présentant des structures et positions angulaires identiques, entre lesquelles sont disposés un ou plusieurs aimants permanents axiaux (14, 430-433, 56, 91, 92) pour générer un flux magnétique global.
6. Actionneur (10, 50, 80, 90, 100) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la partie de commutation comprend une portion centrale cylindrique (19, 199) comportant à chacune de ses extrémités une partie rotorique (831, 101) agencée pour être en correspondance avec une partie statorique (15, 16; 450; 51, 52; 93-96; 103), chaque partie rotorique comprenant un nombre de dents ou pôles moitié du nombre de dents ou pôles de la partie statorique correspondante.
7. Actionneur (40) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie de commutation (42) comprend un cylindre (30) en matériau magnétique préalablement usiné pour être pourvu sur sa périphérie d'une couronne (32) inclinée sur la longueur de ce cylindre, cette couronne (32) assurant une fonction de commutation progressive de flux d'une pièce statorique (450) à l'autre (451).
8. Actionneur réalisé par la mise en série de plusieurs actionneurs selon l'une des revendications 5 à 7.
9. Actionneur (90) selon la revendication 3, caractérisé

- en ce que la partie d'induit statorique comprend deux parties cylindriques concentriques (101, 102) respectivement extérieure et intérieure comportant à chacune de leurs extrémités respectivement une première et une seconde pièces statoriques extérieures (93, 94) et une première et une seconde pièces statoriques intérieures (96, 95) comportant chacune des dents ou pôles statoriques, un ou plusieurs aimants axiaux globaux de forme annulaire respectivement extérieurs et intérieurs (91, 92) étant disposés respectivement entre les première et seconde pièces statoriques extérieures (93, 94) et entre les première et seconde pièces statoriques intérieures (95, 96), en ce que le rotor (97) est en forme de cloche et comprend une partie cylindrique rotorique (98) faisant partie de commutation, et en ce que cette partie cylindrique (98) est perforée pour constituer deux ensembles de pôles de commutation respectivement en vis à vis des dents ou pôles statoriques des première et seconde pièces statoriques respectivement intérieures (95, 96) et extérieures (93, 94), le nombre de dents ou pôles d'un ensemble étant moitié du nombre de dents ou pôles statoriques de la pièce statorique correspondante.
10. Actionneur constitué de la mise en série de plusieurs actionneurs selon la revendication 9, caractérisé en ce que la partie cylindrique de commutation est perforée pour constituer autant d'ensembles de pôles de commutation que le nombre de pièces statoriques.
11. Actionneur (100) selon la revendication 3, caractérisé en ce que la partie d'induit fixe (103) est intérieure et comprend au moins deux parties statoriques comportant plusieurs pôles ou dents statoriques (103a-f) et entre lesquelles sont disposés des moyens d'aimantation permanente pour générer un flux magnétique axial, et en ce que la partie de commutation mobile (101) comporte un cylindre extérieur entourant la partie de commutation et comprenant plusieurs ensembles de perforations (101a-c), chaque ensemble de perforations correspondant à une pièce statorique et le nombre de perforations par ensemble étant moitié du nombre de dents ou pôles statoriques d'une pièce statorique.
12. Actionneur (190, 140) selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, des aimants alternés (193a-b, 147a-c) disposés axialement, et ce que la partie de commutation comprend au moins deux pièces rotoriques (195, 196; 145, 146) comportant chacune des dents ou pôles rotoriques en nombre moitié du nombre d'aimants alternés (193a-b, 147a-c).
13. Actionneur (140) selon la revendication 12, caractérisé en ce que ces aimants alternés (147a-c) sont disposés axialement sur le rotor (148) dudit actionneur (140), en ce que ce rotor (148) comprend en outre deux ensembles de pièces polaires (148a-b) disposées respectivement aux extrémités de chaque aimant pour diriger radialement le flux généré par cet aimant, chaque ensemble étant en correspondance avec une pièce statorique et constituant la partie de commutation, et en ce que la partie d'induit comprend un bobinage global de type solénoïdal (141) inséré entre les deux pièces statoriques (143, 144).
14. Actionneur (190) selon la revendication 12, caractérisé en ce que les aimants alternés (193a-b) sont disposés axialement sur le stator (198) dudit actionneur (190) entre les deux pièces statoriques (191, 192) qui enserrent également un bobinage global de type solénoïdal (194) et en ce que la partie de commutation comprend une pièce cylindrique (199) comportant à ses extrémités deux pièces de commutation (195, 196) respectivement en vis à vis des pièces statoriques (192, 191).
15. Actionneur (150, 160, 180) selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, des aimants alternés disposés azimutalement (158a-c 163a-b, 183a-c).
16. Actionneur (150) selon la revendication 15, caractérisé en ce que la partie d'induit comprend deux pièces statoriques d'extrémité, dans lesquelles sont disposés les aimants alternés azimutaux (158a-c) et des pièces polaires (157a-c) intercalées entre ces aimants, et un bobinage global de type solénoïdal (154), et en ce que la partie de commutation comprend une portion cylindrique (159a) comportant à ses extrémités deux pièces rotoriques (155, 156) correspondant respectivement aux pièces statoriques (152, 151) et présentant un nombre de pôles ou de dents moitié du nombre d'aimants alternés.
17. Actionneur selon la revendication 15, caractérisé en ce que les aimants azimutaux sont disposés au rotor dudit actionneur, ce rotor constituant la partie de commutation et comprenant en outre des pièces polaires disposées entre chaque aimant alterné et en nombre deux fois supérieur au nombre de pôles ou dents de chaque pièce statorique.
18. Actionneur (160) selon la revendication 15, caractérisé en ce que la partie d'induit comprend plusieurs circuits magnétiques locaux (162a, 162b) en forme de U à chacun desquels est associé un bobinage local d'induit et entre chacun desquels sont disposés des aimants alternés azimutaux (163a, 163b).

19. Actionneur (180) selon la revendication 15, caractérisé en ce que les aimants azimutaux (183a, 183b) sont disposés au rotor dudit actionneur, qui comprend en outre des pièces polaires (181a, 181b, 181c) disposées entre chaque aimant alterné et en nombre égal au nombre de pôles ou dents de chaque pièce statorique, et en ce que le bobinage est global de type solénoïdal. 5
20. Actionneur selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend, au titre des moyens d'aimantation permanente, des aimants permanents disposés radialement. 10
21. Actionneur selon la revendication 20, caractérisé en ce que les aimants permanents sont disposés au stator et le bobinage d'induit est solénoïdal. 15
22. Actionneur selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comprend une partie de commutation rotatoire conductrice comprenant une partie cylindrique dont les deux extrémités sont reliées respectivement à deux couronnes rotoriques comprenant chacune un ensemble de dents rotoriques. 20
23. Actionneur selon la revendication 20, caractérisé en ce que les aimants permanents sont disposés au rotor. 25
24. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est associé à des moyens d'alimentation et de commande agencés pour permettre un mode de fonctionnement autopiloté. 30
25. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation et de commande sont agencés pour permettre un mode de fonctionnement pas-à-pas. 35
26. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation et de commande sont agencés pour permettre un mode de fonctionnement synchrone. 40
27. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation et de commande sont agencés pour permettre un mode de débattement limité. 45
28. Actionneur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie d'induit est agencée de façon à pouvoir recevoir des bobinages d'induit sous la forme de pièces rapportées. 50

55

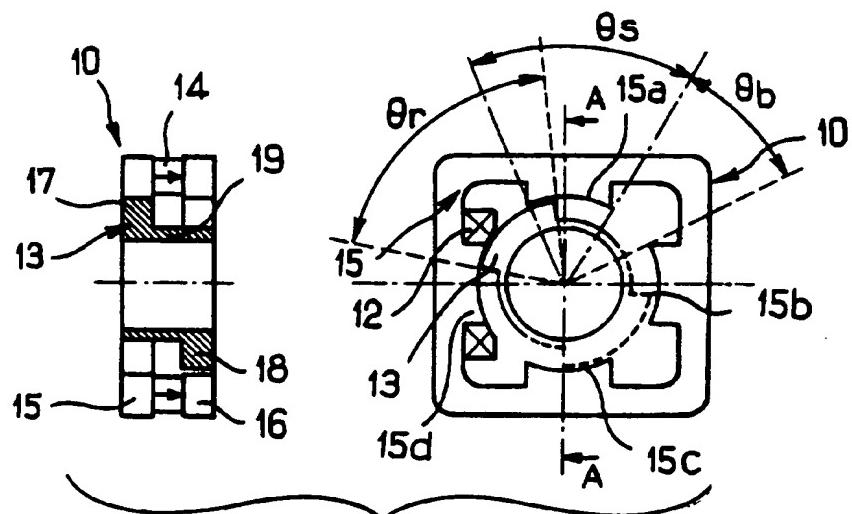


FIG.1

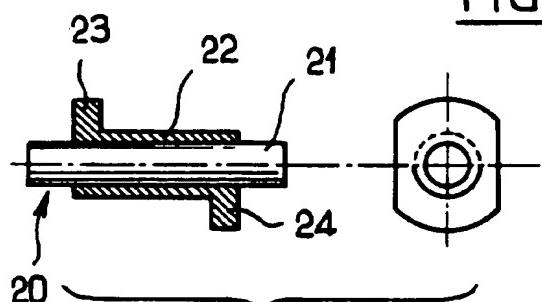


FIG. 2

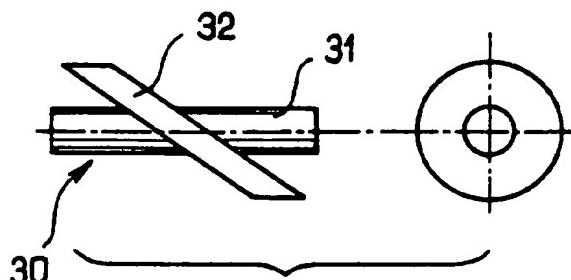


FIG. 3

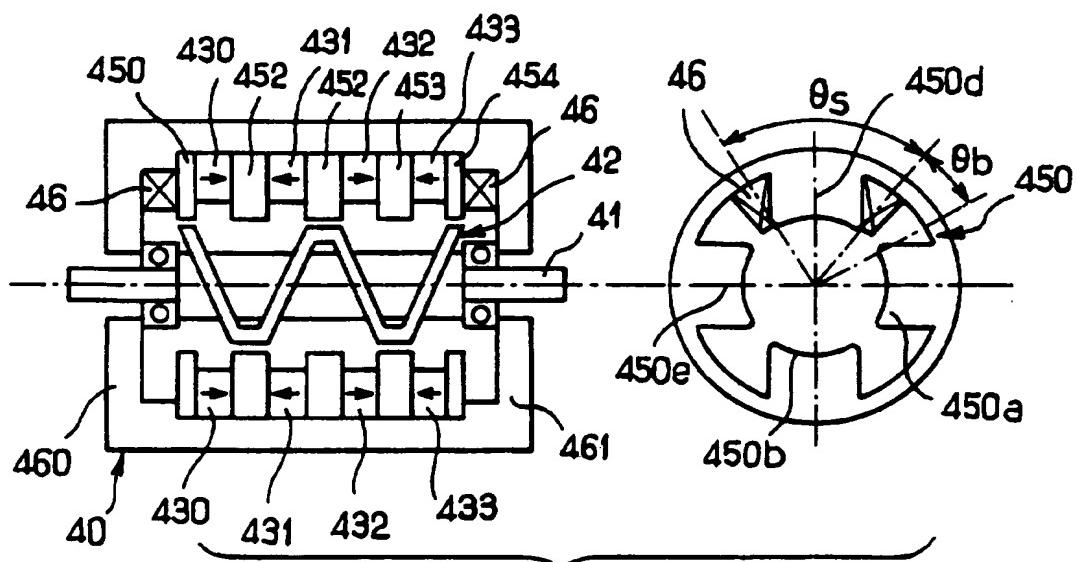


FIG. 4

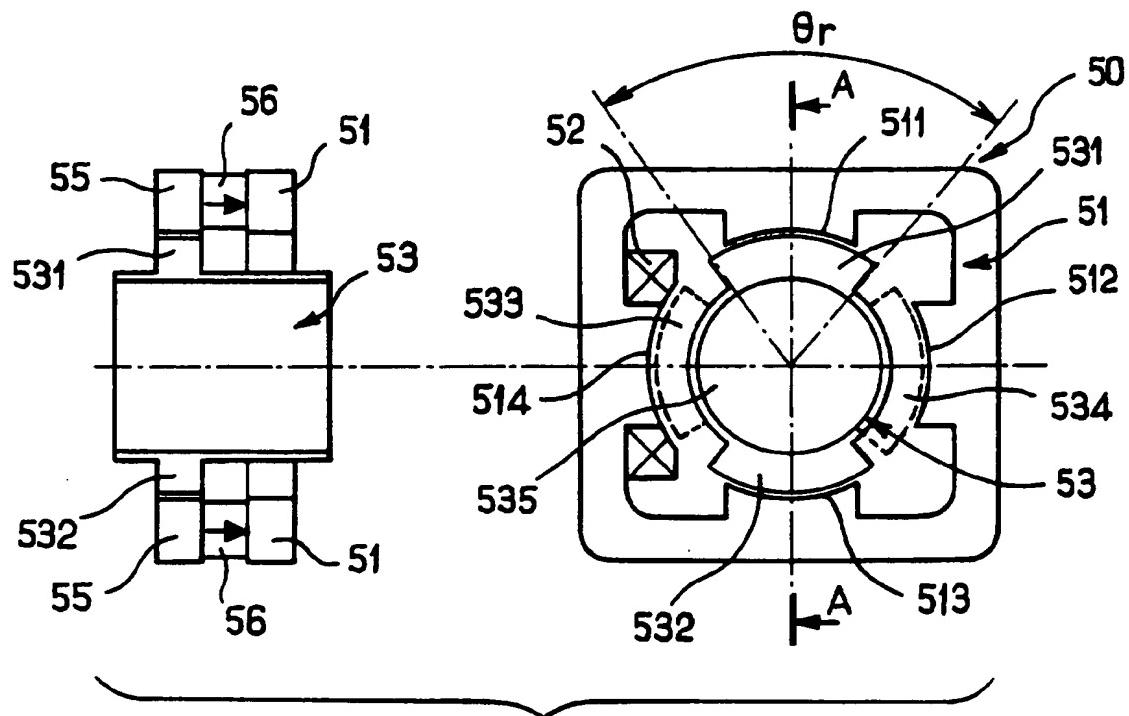
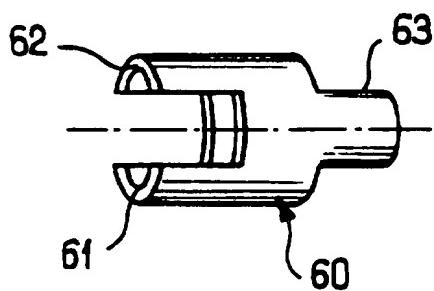
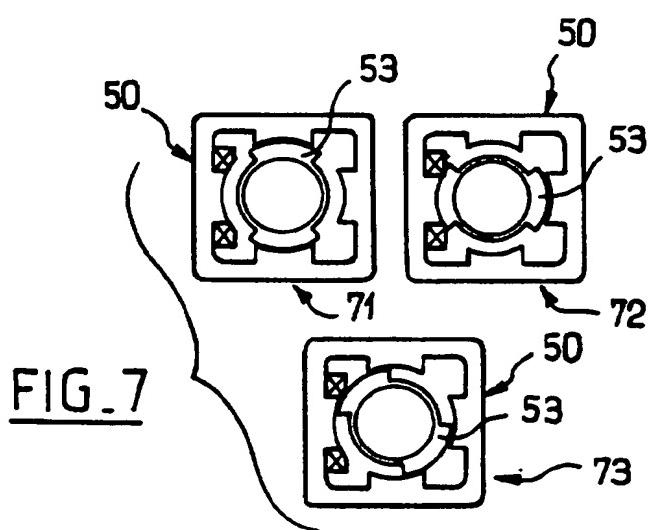
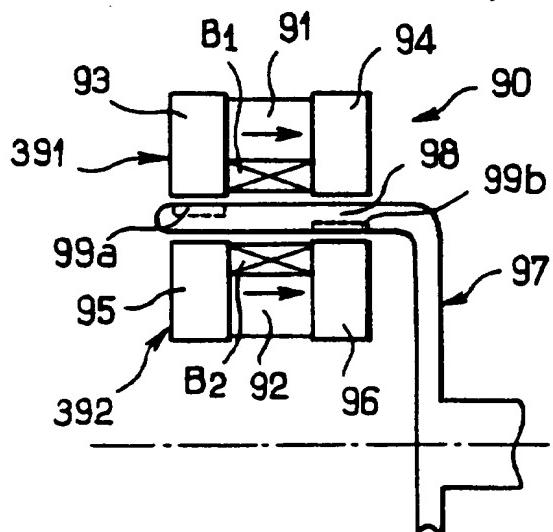
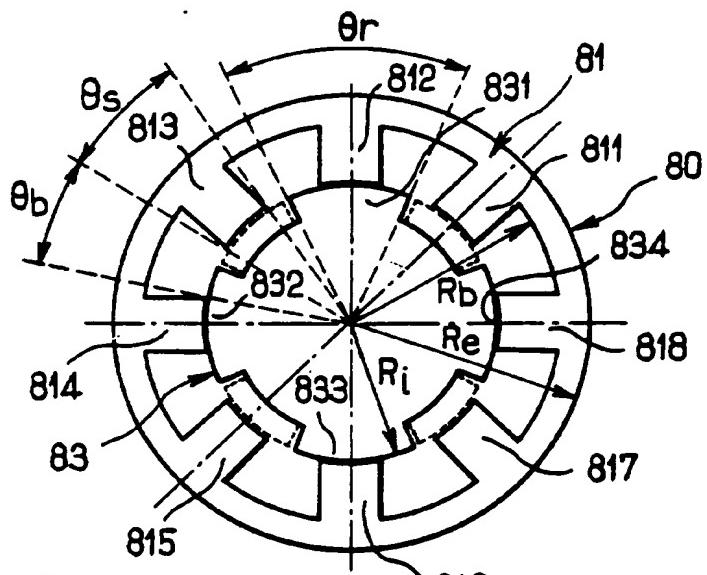
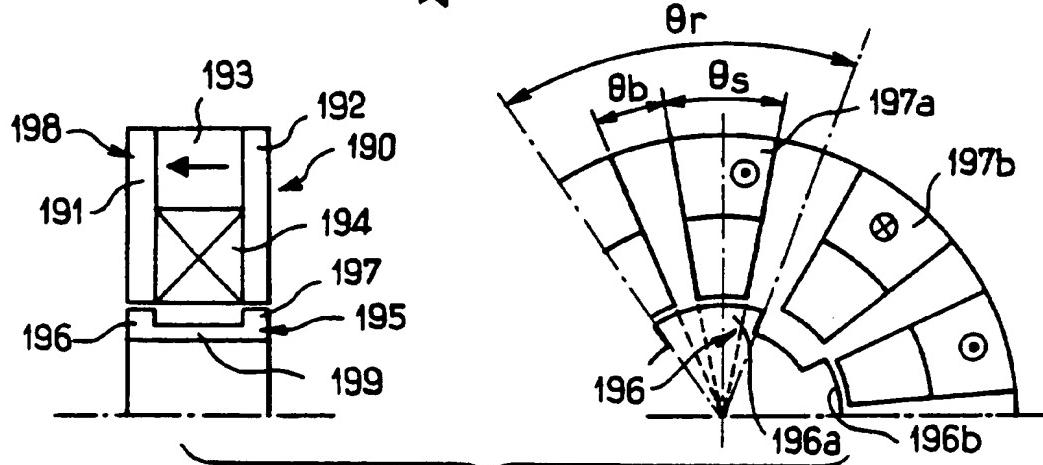
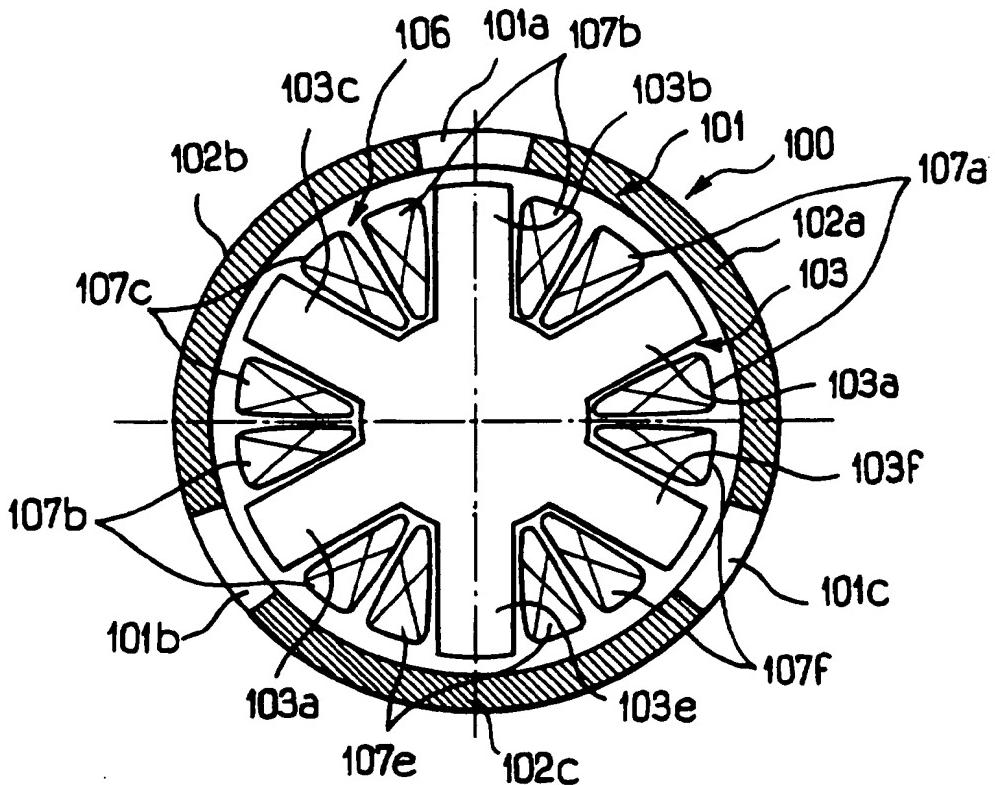
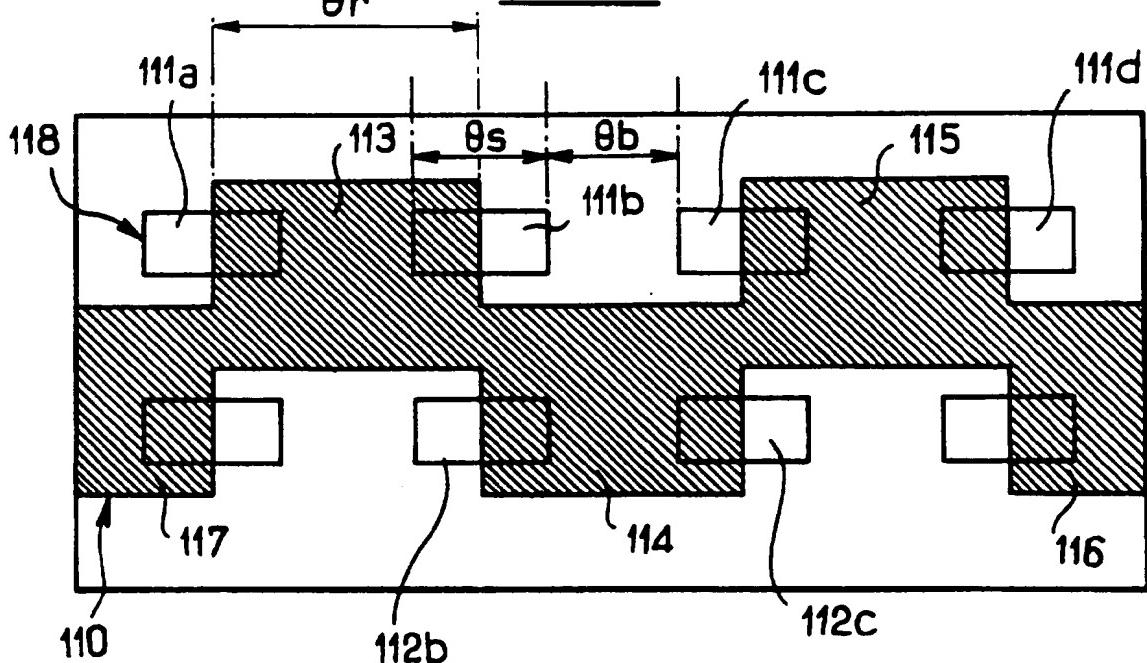
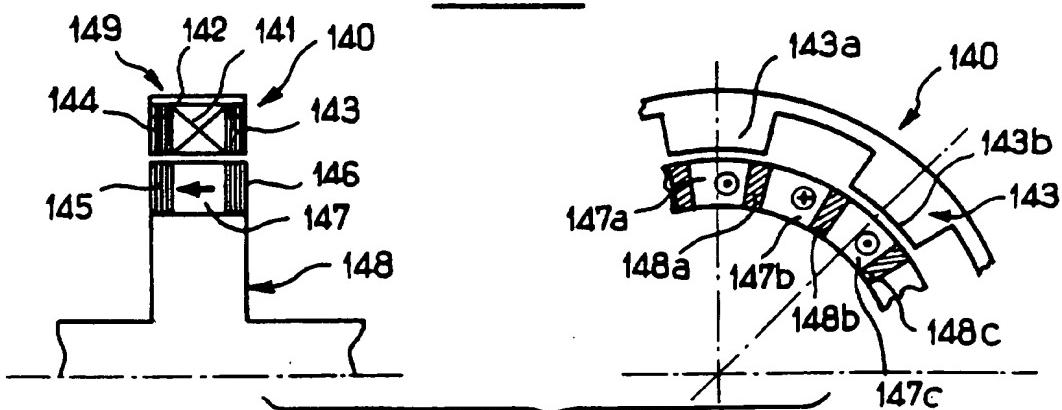
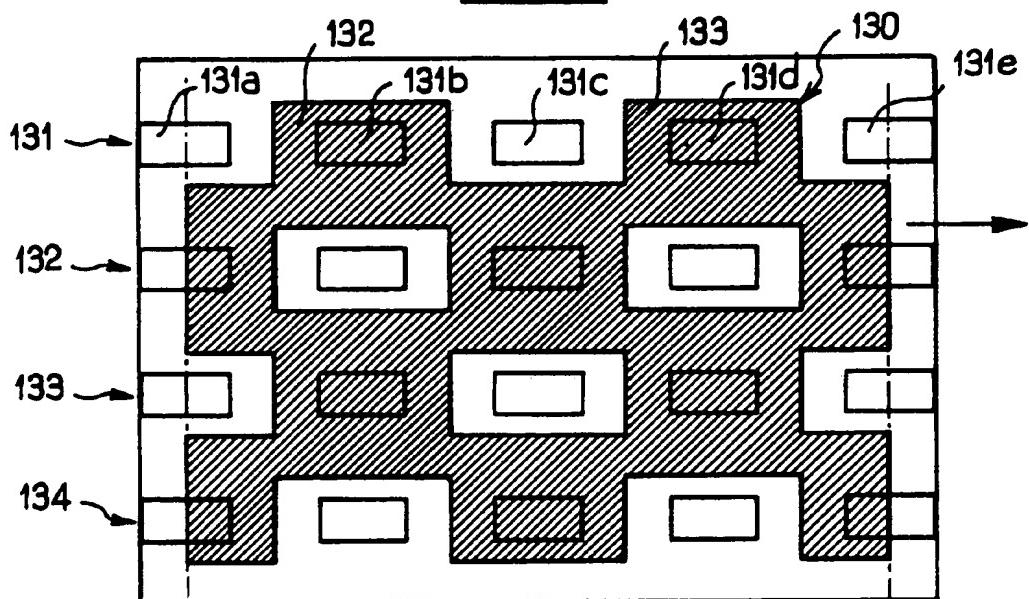
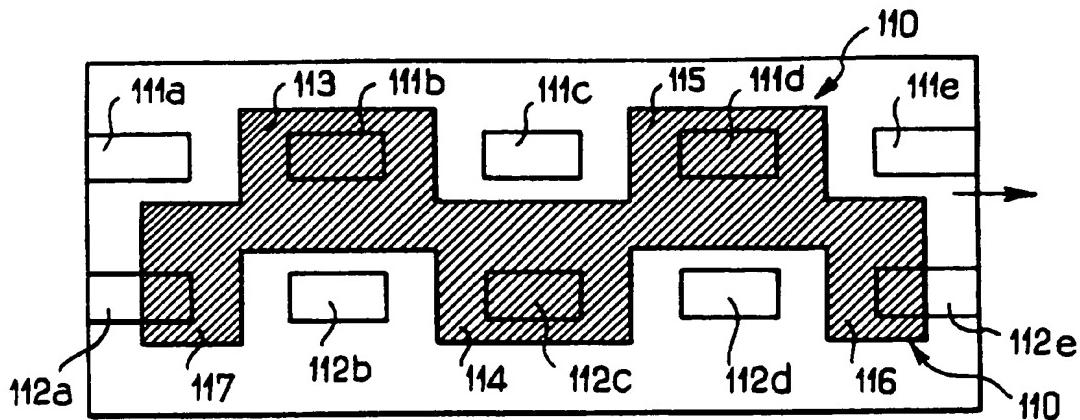
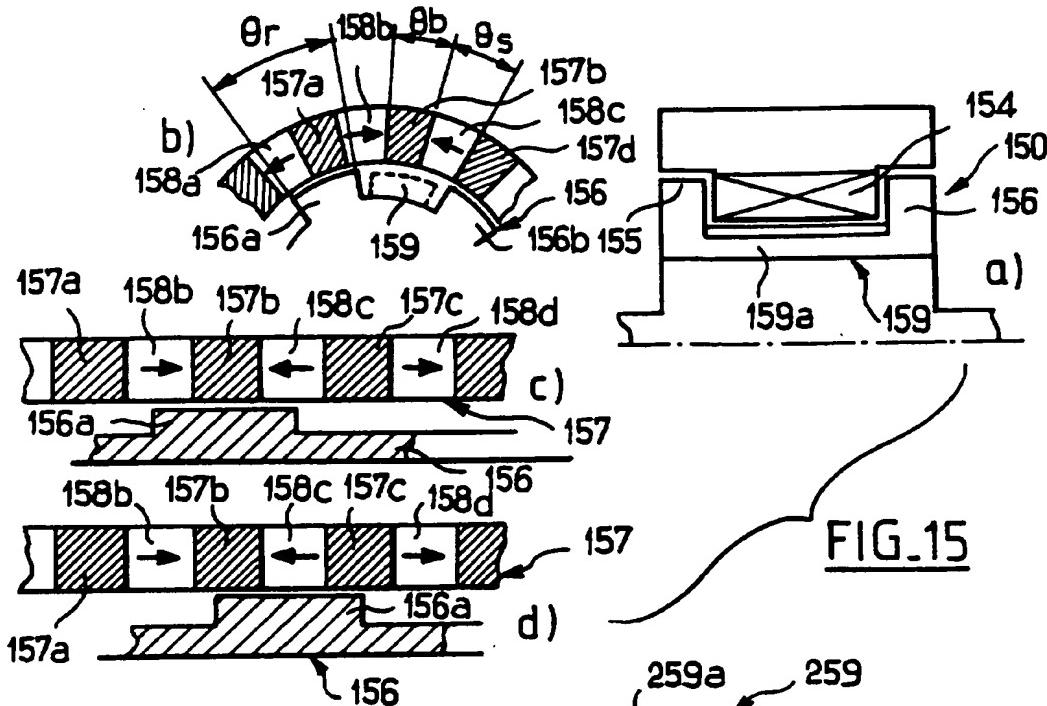
FIG. 5FIG. 6FIG. 7

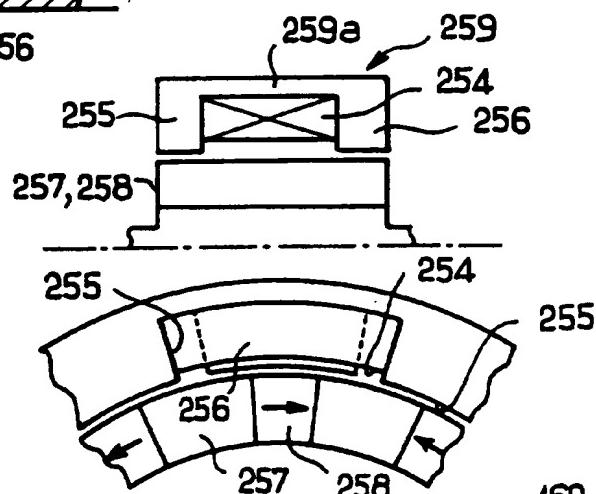
FIG. 8FIG. 9FIG. 14B

FIG. 10FIG. 11





**FIG.15**



**FIG.16**

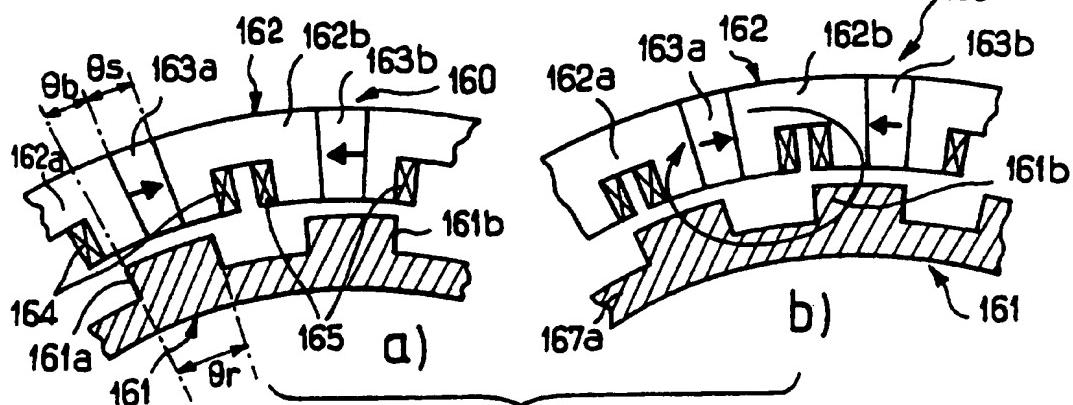
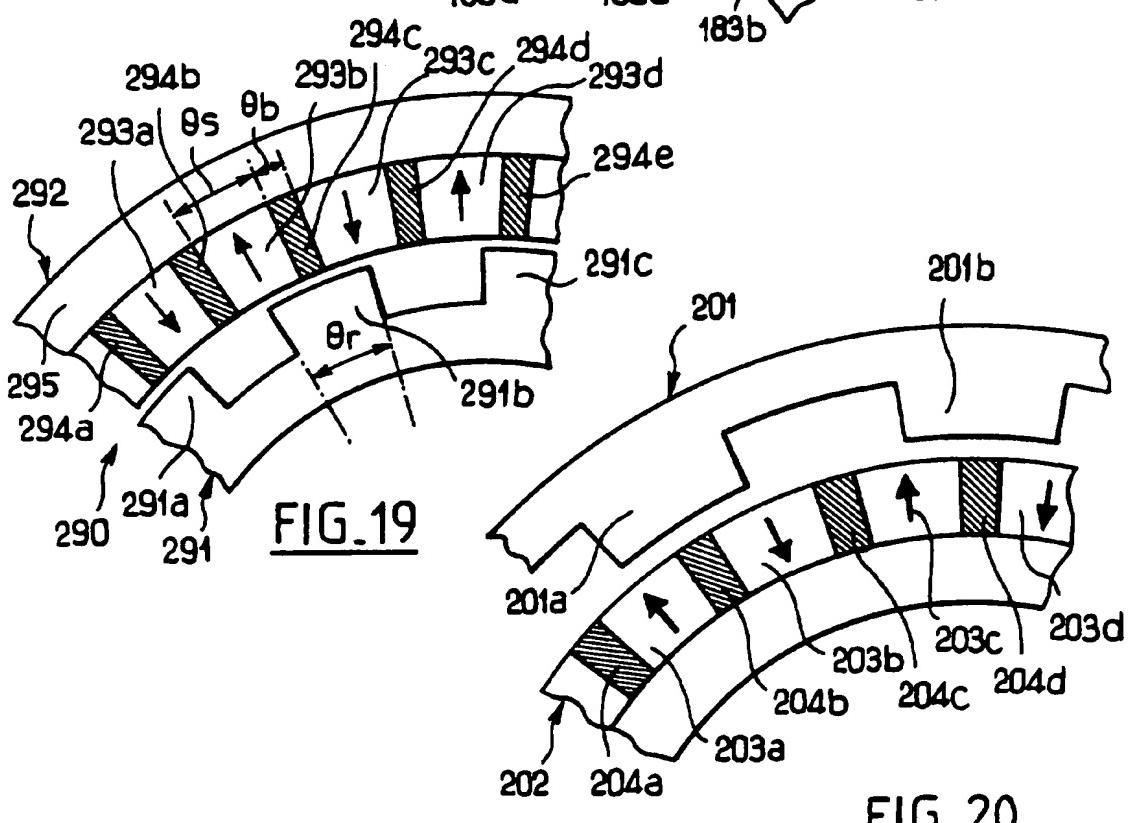
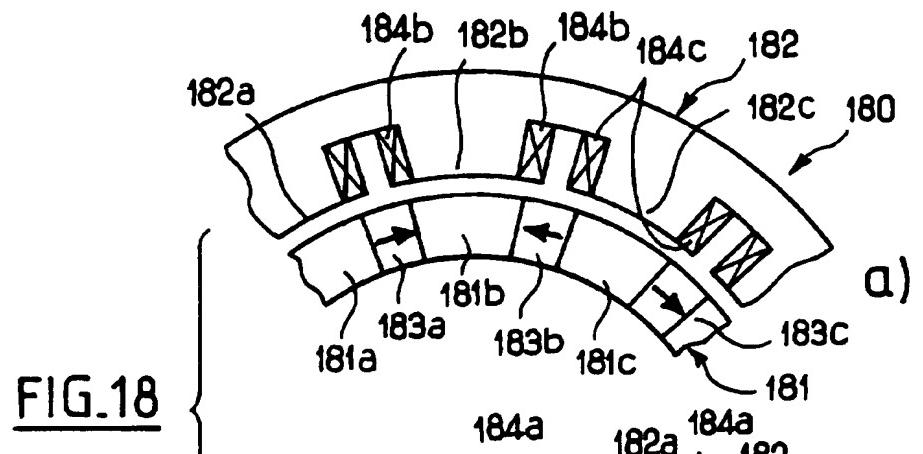


FIG.17



BEST AVAILABLE COPY

Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 95 40 2266

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concerneé	
A	EP-A-0 528 750 (EMERSON ELECTRIC CO) 24 Février 1993 * abrégé; figure 3 * ---	1-28	H02K21/38
A	CH-A-521 045 (SOCREM) 31 Mars 1972 * colonne 3, ligne 47 - ligne 55 * * colonne 5, ligne 20 - ligne 31 * * figures 1,2 *	1-28	
A	FR-A-2 102 530 (POLOUJADOFF) 7 Avril 1972 * page 3, ligne 36 - page 4, ligne 9 * * page 4, ligne 22 - ligne 25 * * figures 1,2 *	1-28	
A	FR-A-2 085 279 (SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MOTEURS À INDUCTION) 24 Décembre 1971 * page 2, ligne 17 - page 3, ligne 3 * * figures 1,2 *	1-28	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H02K
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	10 Janvier 1996	Haegeman, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			